

на правах рукописи

Шарифуллин Айдар Гамисович

**СОВРЕМЕННАЯ ДЕНУДАЦИЯ В ГОРАХ КАВКАЗА И СРЕДНЕЙ
АЗИИ: ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ФАКТОРЫ, ИХ
ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ**

Специальность: 25.00.25 – геоморфология и эволюционная география

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Казань, 2015

Работа выполнена на кафедре ландшафтной экологии института экологии и природопользования Казанского (Приволжского) федерального университета

Научные руководители:

Ермолаев Олег Петрович

доктор географических наук, профессор кафедры ландшафтной экологии института экологии и природопользования Казанского (Приволжского) федерального университета

Голосов Валентин Николаевич

доктор географических наук, старший научный сотрудник НИЛ эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева (отдел эрозии почв) географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова

Официальные оппоненты

Барышников Геннадий Яковлевич

доктор географических наук, профессор кафедры природопользования и геоэкологии географического факультета Алтайского государственного университета

Золотов Александр Иванович

кандидат географических наук, доцент кафедры географии естественно-географического факультета Ульяновского государственного педагогического университета имени И.Н. Ульянова

Ведущая организация

Удмуртский государственный университет

Защита состоится 28 мая 2015 года в 15 часов на заседании диссертационного совета по геоморфологии и эволюционной географии (Д 212.081.20) в Казанском федеральном университете по адресу: 420008, Россия, РТ, г. Казань, ул. Кремлевская, д.18.

С диссертацией можно ознакомиться в отделе диссертаций Научной библиотеки Казанского федерального университета 420111, Россия, РТ, ул. Кремлевская, 35.

Автореферат разослан 28 марта 2015 года. Отзывы на автореферат (в двух экземплярах, заверенные печатью учреждения) просим направлять по адресу: 420008, Россия, РТ, г. Казань, ул. Кремлевская, д.18, институт экологии и природопользования, ученому секретарю диссертационного совета Д 212.081.20, email: Yuri.Khabutdinov@kpfu.ru

Ученый секретарь
диссертационного совета кандидат
географических наук



Ю.Г. Хабутдинов

Введение

Актуальность темы. Экзогенные процессы в горных странах отличаются повышенной интенсивностью по сравнению с равнинными территориями из-за более контрастного рельефа, климатических характеристик и ряда других факторов, содействующих активизации денудации. Новейшие тектонические движения, способствуют росту контрастности рельефа, увеличивая крутизну склонов и уклоны русел рек, тем самым содействуя интенсификации эрозии, селевых явлений, обвалов, оползней и других экзогенных процессов, а ландшафтно-климатические условия в сочетании с высотной поясностью, создают большую динамичность и пространственную изменчивость гидрометеорологической обстановки, которая наряду с литологией пород во многом определяет характерный набор ведущих экзогенных процессов для каждого высотного пояса.

Сложный комплекс эрозионных, селевых, экзарационных, дефлюкционных, оползневых, карстовых, суффозионных и других экзогенных процессов способствует перераспределению продуктов выветривания коренных пород и покровных отложений на участке склон – речная долина и определяет соотношение объёмов денудации и аккумуляции на локальном уровне. Сток наносов рек в значительной мере отражает темпы денудации в пределах части речного бассейна, расположенной выше по течению от измерительного створа, или общей денудации горной страны при учёте суммарного стока наносов рек в створах, расположенных на выходе рек с территорий горных стран на равнину.

До настоящего времени исследований, в которых бы давалась комплексная оценка всех пространственных закономерностей развития процессов денудации и влияния на них природно-антропогенных факторов применительно в целом к территориям Кавказа и гор Средней Азии не проводилось, что предопределяет актуальность темы диссертации.

Объектом исследования являются горы и предгорья Кавказа, Памиро-Алая и Тянь-Шаня.

Предмет исследования – пространственная оценка темпов современной денудации и влияние на неё природно-антропогенных факторов.

Цель данной работы состоит в изучении общих закономерностей современной денудации горных стран на примере Кавказа, Тянь-Шаня и Памиро-Алая, а также в оценке влияния на её интенсивности и пространственного распределения природно-антропогенных факторов.

Следует сразу оговорить, что в рамках исследования не оценивался количественный вклад эндогенных процессов в денудацию. Их роль на развитие экзогенных процессов и на формирование стока наносов учитывалась только опосредованно.

Для достижения этой цели было необходимо решить следующие задачи:

- Разработать методические основы оценки современной денудации территорий горных стран.
- Провести пространственный анализ темпов современной денудации в горных странах (Кавказ, Тянь-Шань и Памиро-Алай);
- Выявить роль основных природно-антропогенных факторов в пространственных изменениях темпов современной денудации для различных высотных поясов гор;
- Разработать подходы для оценки долевого вклада различных экзогенных процессов в формирование стока наносов в пределах речного бассейна

Научная новизна работы. Новизна работы определяется результатами решения указанных выше задач:

- Для всей территории Кавказа и гор Средней Азии составлены карты темпов современной денудации.
- Дана разномасштабная оценка влияния природно-антропогенных факторов на темпы современной денудации как по всей площади горных стран (Кавказа, Тянь-Шаня и Памиро-Алая), так и по отдельным высотным поясам.
- Разработаны подходы к морфодинамическому картированию различных экзогенных процессов, определяющих темпы денудации в различных высотных поясах гор и оценке их долевого вклада в формирование стока наносов реки.

Фактический материал и методы исследования

В качестве исходного материала в работе были использованы данные государственного водного кадастра 1978 г. и база данных гидрологических постов по Кавказу и горам Средней Азии, составленная А.П. Дедковым и В.И. Мозжериным; топографические карты масштаба 1:100 000 и 1:50 000; карты физико-географического атласа мира; опубликованные тематические региональные картографические материалы и справочные издания по геологии и литологии горных стран; космические снимки (WorldView-2, GeoEye); результаты полевых наблюдений в горах Средней Азии, а также научная литература по стоку наносов рек и темпам различных экзогенных процессов. Вся обработка материала проведена на персональном компьютере с использованием современных вычислительных и графических программ (ArcGis 10.2, MapInfo 8.0) и их пакетов.

В работе использованы следующие методы исследования: картографический и картометрический анализ, статистический анализ (корреляционный и факторный), анализ и дешифрирование материалов дистанционного зондирования Земли, крупномасштабное геоморфологическое картографирование, обработка и анализ данных стационарных исследований.

Защищаемые положения. На защиту выносятся следующие основные положения:

1. Характеристика пространственных различий темпов современной денудации в горах Кавказа, Тянь-Шаня и Памиро-Алая в целом и в пределах отдельных высотных поясов. Более высокая интенсивность процессов денудации, протекающих в средневысотном горном поясе на Кавказе и высокогорном поясе в Тянь-Шане и на Памире по сравнению с другими высотными поясами данных горных стран.
2. Локальные максимумы темпов денудации для отдельных речных бассейнов в пределах исследованных горных стран обусловлены влиянием антропогенной деятельности: повышенной нагрузкой на горные пастбища и избыточным поливом орошаемых земель.
3. Среди природно-антропогенных факторов для гор Кавказа наибольшее влияние на различия в темпах денудации оказывает состав коренных пород, тогда как для гор Средней Азии (Тянь-Шань и Памиро-Алай) – годовой слой осадков. Влияние остальных факторов в большей или меньшей форме проявляется для отдельных высотных поясов.
4. Долевой вклад различных экзогенных процессов в формирование стока наносов рек (для различных высотных поясов гор) может быть установлен на основе анализа их пространственного распределения по площади исследуемого речного бассейна, расположения относительно сети постоянных и временных водотоков конкретного речного бассейна и оценок темпов перемещаемого ими материала, полученных для аналогичных условий.

Практическая значимость. Результаты, полученные в диссертационной работе, могут быть использованы: в учебном процессе при чтении курсов лекций по общей и региональной геоморфологии, при расчете ориентировочных сроков заиления горных водохранилищ.

Разработанная методика может быть использована при геоморфологическом районировании, а также применена для прогнозирования опасных экзогенных процессов, особенно при выявлении очагов зарождения селей.

Материалы диссертации использованы в проектах, поддержанных грантами РФФИ (14-05-91153, 13-05-00162).

Апробация работы. Основные положения работы докладывались на семинаре молодых учёных при Межвузовском научно-координационном совете по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов (Волгоград, 2012 и Белгород, 2014), на итоговых научных конференциях КФУ (Казань, 2012, 2013) и XXXIII Пленуме Геоморфологической комиссии РАН (Саратов, 2013).

Публикации. Всего по теме диссертации опубликовано 10 научных работ, из них 2 статьи в журналах из перечня ВАК.

Структура и объем работы определены исходя из решения главных задач и целей исследований. Диссертация состоит из введения, заключения и пяти глав. Общий объем

работы составляет 174 страниц текста, в том числе 78 рисунков, 26 таблиц, список литературы, состоящий из 169 наименований (из них 57 источников приходится на публикации на иностранных языках).

Основное содержание работы.

Глава 1. Существующие представления о развитии процессов денудации в горных странах

Первая глава данной работы содержит краткий очерк истории геолого-геоморфологических исследований, общие проблемы, уровень изученности современной денудации и имеющиеся недостатки, требующие более детального изучения, как в территориальном аспекте, так и в плане количественной оценки развития процессов денудации и последующего перераспределения наносов в пределах речных бассейнов.

В последние десятилетия в связи с совершенствованием методов количественной оценки интенсивности различных денудационных процессов и расширением сети мониторинга отдельных экзогенных процессов или всего комплекса процессов денудации, появились достаточно надёжные данные о соотношении процессов сноса и переотложения наносов в речных бассейнах различных высотных поясов гор. Для оценки перераспределения материала внутри речного бассейна обычно используется балансовый подход, основанный на количественной оценке объёмов перемещённого и переотложившегося внутри бассейна материала (Ажигиров, 1982, Алексеевский, 1998, López-Tarazón, 2012, Stubblefield, 2009, Theler, Reynard, 2011).

Исследования масштабов денудации для горных стран начались в середине XX-го века. Так, А.В. Волин (1973), используя данные по стоку наносов и выносы селевыми потоками, определил приблизительную величину скорости денудации для Большого Кавказа в 0,45 мм/год. Г.С. Леонтьев (1947) рассчитал величину сноса для бассейна реки Терек. Г.К. Габриелян (1971, 1979) определяет скорость денудации в области Приказбекского района (0,25 — 1 мм/год), в пределах осевой зоны поднятия (0,5—1 мм/год) и в области северных предгорий (0,25—0,5 мм/год). По мнению М. Хиндерера (Hinderer, 2013), денудация в Альпах сравнима по величине с другими европейскими горными хребтами, западной частью Северной Америки и Андами, в то же время Гималаи разрушаются в 2-3 раза интенсивнее. Покрытые

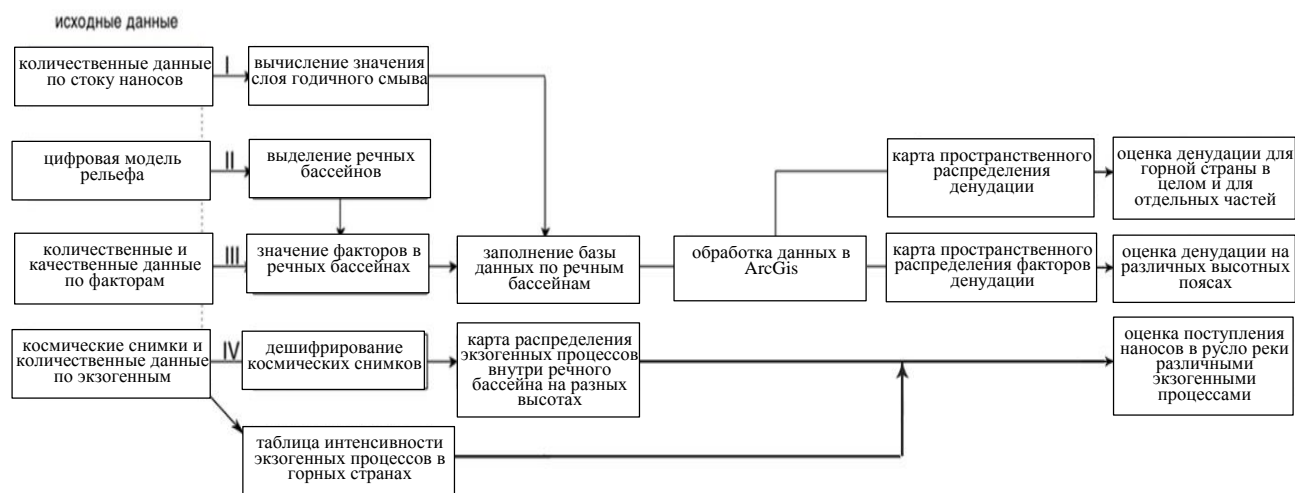


Рис. 1. Схема изучения пространственных закономерностей развития процессов денудации в горных странах

ледниками горные хребты в северной Европе и Америки, как правило, имеют более высокие значения слоя годичного смыва.

Обзор литературы по изученности денудации в горах (разномасштабная оценка, влияние факторов, интенсивность различных экзогенных процессов) показывает, что в научной литературе в этом плане наиболее широко освещена интенсивность денудационного смыва в различных горных странах, полученная по результатам стока наносов (Vanmaercke et al., 2011, Hinderer et al., 2013, Hallet et al., 1996, Wittmann et al., 2011, Faran Ali, de Boer, 2008), влияние различных факторов на небольшие территории (Aalto et al., 2006; Liermann, 2012; Chetelat et al., 2013; Liquete et al., 2009; Naika, Jay, 2011; Iidaa et al. 2012; Duverta et al., 2012), интенсивность экзогенных процессов, на низкогорных и прилегающих к горам равнинных участках и некоторые виды катастрофических экзогенных процессов, встречающиеся в среднегорьях и высокогорьях (Залиханова и др., 1969, Тушинского, 1963, Беляева, 1962, Zhang et al., 2008, Steinkoglera et al., 2014, Агibalова, 1975). Менее изучено влияние различных факторов на денудацию, отдельно для горных стран (Думитрашко, 1974, Хрисанов, 1979), а также методы их оценки и, наконец, известны единичные работы по факторному анализу интенсивности денудации на отдельных высотах и расчленению стока наносов на составляющие (Aalto et al., 2006). Полученные в результате анализа опубликованных данных выводы подтверждают необходимость изучения темпов денудации горных стран на разномасштабных уровнях, используя комплексный подход.

Глава 2. Принципы и методические подходы, использованные в исследовании

Выдвинутые главные задачи определяют последовательность изучения интенсивности денудации в горных странах, которая включает несколько этапов (рис. 1). На первом этапе

производится количественная оценка интенсивности денудации по стоку взвешенных наносов рек. Известно, что горы подвергаются воздействию интенсивной механической денудации, часть продуктов, именуемая «местной», переотлагается в виде различных отложений и не выносится за пределы горной области, а другая часть наносов - «транзитная» удаляется за пределы горной области реками (реже ледниками, селями, ветром), и прямо зависит от интенсивности денудации в горной области. По этой части, то есть по стоку наносов, можно судить об уменьшении объёма материала, слагающего горы, и денудационном снижении их средней высоты. Данные по стоку наносов позволяют определить интенсивность денудации на огромных площадях и даже на всей поверхности Земли, в отличие от результатов стационарных наблюдений за комплексом денудационных процессов на отдельных участках. При этом в связи со сложностью определения суммарного объёма, переносимых рекой минеральных и органических частиц, а именно определения долевого вклада влекомых или донных наносов, часто учитывается лишь сток взвешенных наносов.

На втором этапе для речных бассейнов, для которых рассчитывается величина денудации по стоку взвешенных наносов, осуществляется выделение речных бассейнов. При этом выделяются водосборы, находящиеся выше измерительного створа, то есть гидрологического пункта.

На третьем этапе осуществляется оценка влияния различных факторов на денудацию в горных странах. Известно, что интенсивность денудации зависит от целого ряда факторов. Факторы могут влиять по-разному: воздействие каждого фактора может быть невелико, но их суммарное воздействие либо значительное, либо ничтожно малое.

Особенно важным обстоятельством является чрезвычайно высокая динамичность современных экзогенных процессов Кавказского и Среднеазиатского горного пояса в связи с высокой расчлененностью рельефа и принадлежностью к зоне молодой активно формирующейся альпийской складчатости, покровно-надвиговой тектоники и высокой сейсмичности. Широко известны высокие темпы заиления водохранилищ, многочисленные природные катастрофы, вызванные сходом снежных лавин, грязекаменных селевых потоков, оползней и других опасных экзогенных процессов в различных районах Кавказа, Памира и Тянь-Шаня, повлекшие за собой интенсивное разрушение дорог и других объектов в горных районах, обусловленные воздействием как природных, так и антропогенных факторов.

В связи с этим нами разработаны подходы к оценке интенсивности развития различных экзогенных процессов, особенностей их распространения в пределах отдельных речных бассейнов и вероятный доленой вклад в формирование стока наносов рек, который во многом определяется не только объёмами перемещаемых отдельными процессами денудации масс, но

и коэффициентами доставки материала со склонов в русла постоянных и временных водотоков.

Необходимо упомянуть роль масштаба в оценке современной денудации горных стран. На начальном этапе исследования проводится оценка для горной страны в целом, затем для различных частей горных стран, которые можно объединить одинаковым значением слоя годового смыва; далее, для различных высотных поясов в горных странах, и, наконец, определяется роль отдельных экзогенных процессов.

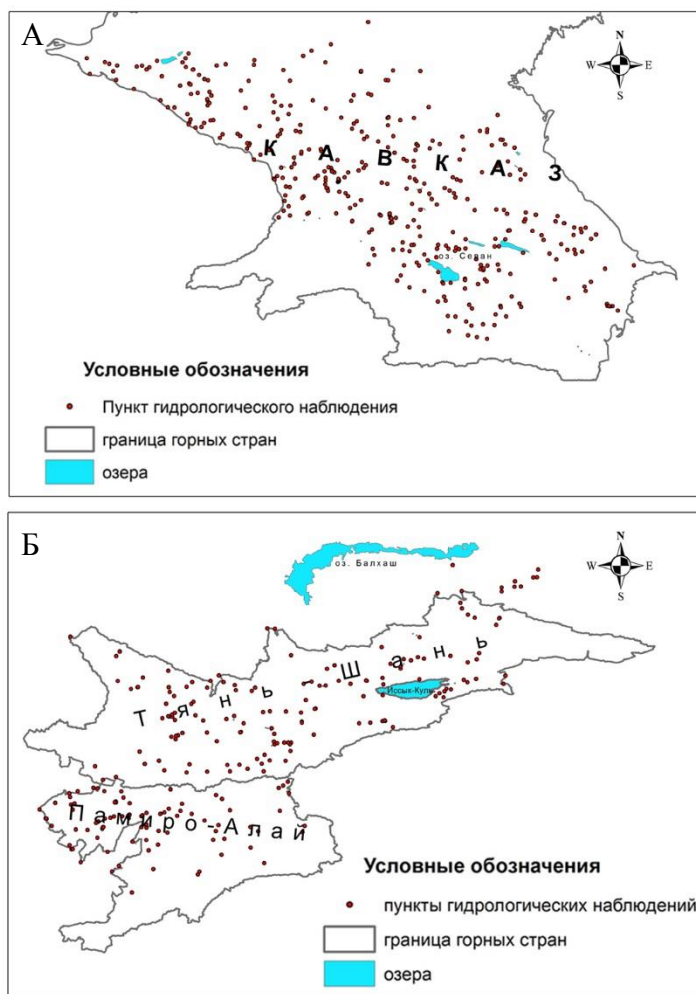


Рис. 2. Карта-схема расположения гидрологических постов на Кавказе (А) и гор Средней Азии (Б)

Для расчета величины денудации в работе использованы результаты наблюдений за стоком взвешенных наносов на 458 постах. Из них 225 постов расположены на реках Кавказа (рис. 2), 159 – Тянь-Шаня и 74 – Памиро-Алая. В качестве источника информации по стоку взвешенных наносов использовалась база данных для рек суши Земли, составленная А.П. Дедковым и В.И. Можжериним и пополняемая новыми данными вплоть до настоящего времени. В качестве основных характеристик горных рек и их бассейнов использовались следующие: название реки, пункт наблюдения, период наблюдения, площадь и средняя абсолютная высота водосбора, модуль водного стока и стока взвешенных наносов, принадлежность бассейна к природной зоне, состав горных пород, слагающих

поверхность водосбора, степень хозяйственного освоения речного бассейна. Период наблюдений на гидрологических постах, использованных в настоящей работе, изменяется от 1 до 50 лет, причем посты с малым (до 5 лет) и длительным (более 31 года) периодом встречаются значительно реже постов со средним по продолжительности периодом наблюдений (за исключением гор Тянь-Шаня).

В качестве показателя интенсивности денудации применяется величина среднего годового слоя смыва пород с поверхности водосбора (Дедков, Мозжерин, 1987). Расчет слоя годовичного смыва (h_c , мм/год) выполнен по формуле:

$$h_c = \frac{r}{\gamma} \cdot 10^{-3}, \quad (1)$$

где r – модуль стока взвешенных наносов (т/км²·год), γ – плотность коренных пород, слагающих речные водосборы, величина которого принята равной 2,65 т/м³ (Дедков, 2005).

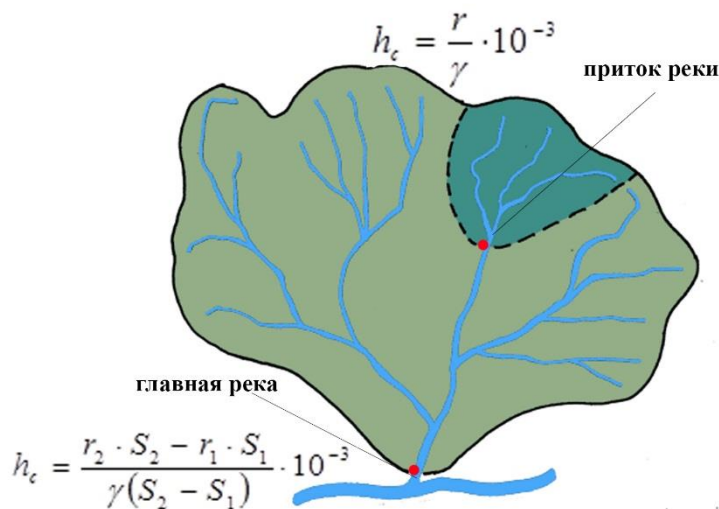


Рис. 3. Расчет показателя денудации для разных участков рек

Если на одной реке (рис. 3) имеются несколько гидрологических постов (включая посты на притоках) необходимо учесть, что пункт наблюдения, расположенный ниже по течению, включает в себя и сток наносов поста выше по течению (или притока). В таком случае делается поправка на площадь, объем стока и модуль стока наносов для каждого бассейна и только потом рассчитывается слой годовичного сноса с той части водосбора, между гидрологическими постами:

$$h_c = \frac{r_2 \cdot S_2 - r_1 \cdot S_1}{\gamma(S_2 - S_1)} \cdot 10^{-3}, \quad (2)$$

где r_1 , S_1 и r_2 , S_2 – модуль стока взвешенных наносов и площадь поверхностного водосбора (км²) верхнего и нижнего поста соответственно. В некоторых случаях рассчитанные значения слоя годовичного сноса имели отрицательный знак, что указывает на преобладание в этой части бассейна аккумуляции над денудацией.

Известно, что в пределах речных бассейнов преобладают разные типы горных пород, поэтому в данной работе используется среднее значение плотности коренных пород, равное 2,65 т/м³. Подобное осреднение неизбежно, хотя оно, безусловно, влияет на точность, снижая её, но это осреднение принципиально не влияет на пространственные закономерности. К тому же, применение иных подходов, например, использование плотности преобладающего типа

горных пород, не способно значительно повысить точность, так как в пределах речных бассейнов могут встречаться породы разного состава, и, соответственно, плотности.

Предлагаемый подход к оценке процессов денудации горных стран имеет ряд очевидных преимуществ, так как он позволяет оценить различия в темпах денудации в целом для горной страны; даёт возможность установить степень влияния наиболее значимых факторов, определяющих темпы денудации; позволяет оценивать относительный вклад различных процессов денудации в сток наносов рек. Достоверность полученных в результате данных определяется продолжительностью наблюдений за стоком наносов на гидрологических створах, детальностью использованных для анализа картографических материалов и степенью генерализации при составлении карт, точностью определения темпов различных процессов денудации и разрешающей способностью использованных при дешифрировании космических снимков.

В результате применения данных методов и подходов выполнен не только пространственный анализ распределения по площади темпов денудации для каждой горной страны (Кавказа и гор Средней Азии), где её индикатором служит годовой снос вещества, полученный по стоку взвешенных наносов, но и оценено влияние на них различных факторов. Кроме того, для типичных водосборов определено распределение этих процессов с учетом представлений о большой (по мнению отдельных исследователей - определяющей) роли вертикальной географической зональности. В связи с этим построены тематические карты современных экзогенных процессов и эколого-геоморфологической оценки.

Глава 3. Краткая геологическая и орогидрографическая характеристика горных стран.

Особенности проявления и интенсивность современной денудации зависят от распространения литолого-стратиграфических комплексов, климата и рельефа, а также неотектонических структур, способствующих проявлению различий в гипсометрическом положении и обуславливающих формирование высотной зональности ландшафтов.

В работе для анализа влияния природно-антропогенных факторов на темпы денудации используются следующие параметры: количество атмосферных осадков, количество дней с переходами температуры через ноль градусов и дней со снежным покровом, средняя высота водосбора, крутизна и экспозиция склона, литология, механический состав и тип почв, залесенность и плотность населения. Источником информации о климатических факторах служат данные наблюдений на метеостанциях, публикуемые в ежегодниках и в интернете; о почвенных и геологических факторах – геологические и почвенные карты и труды по геологии; о факторах рельефа – цифровая модель рельефа (SRTM); об антропогенных

факторах – справочно-статистические данные. Вся собранная информация по различным факторам, определяющим развитие процессов денудации, была использована для подготовки данного раздела.

Глава 4. Пространственная оценка величины современного денудационного среза гор Кавказа и Средней Азии

Дается пространственная оценка величины денудационного среза, определяемая как в целом для горной страны, так и для отдельных её частей. Особое внимание уделяется бассейнам с аномально высокими темпами денудации. Во второй части главы на примере крупномасштабного дешифрирования распространения различных экзогенных процессов в малых речных бассейнах, расположенных в различных высотных поясах, проводится оценка их вклада в формирование стока наносов малых рек, составляющих основную протяжённость гидрографической сети речного бассейна.

Учитывая большое разнообразие условий выветривания, обусловленных высотной зональностью и преобладанием западного переноса воздушных масс, особенности расчленения территории и различия в литологии коренных пород, горные страны в целом характеризуется достаточно большим разнообразием темпов денудации (рис. 4, 5, 6).

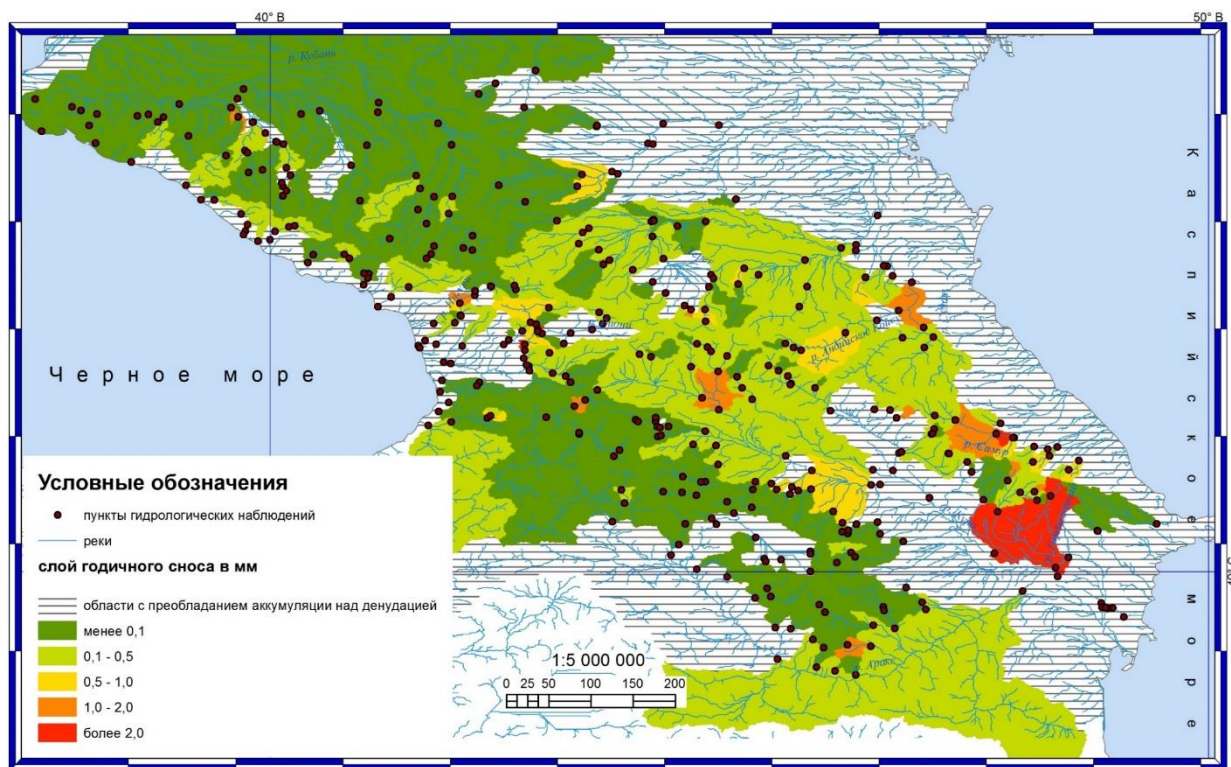


Рис. 4. Величина слоя годичного смыва Кавказа (по стоку взвешенных наносов).

В пределах Кавказского региона можно выделить крупные регионы с существенными различиями в темпах денудации (табл. 1). Это Центральный Кавказ с величиной слоя годового смыва от 0,1 до 0,5 мм/год, Западный и Малый Кавказ, Ставропольская возвышенность и Кубанско-Приазовская низменность, где денудация не превышает 0,1 мм/год, Восточный Кавказ со значениями денудационного среза до 2 мм/год и Кура-Араксинская, Колхидская и Прикаспийская низменности, в пределах которых аккумуляция преобладает над денудацией (рис. 4).

Таблица 1.

Значение слоя годового смыва на территории Кавказского региона

Регионы	Значение слоя годового смыва, мм/год
Центральный Кавказ	$0,1 \pm 0,3$
Восточный Кавказ	$1 \pm 0,1$
Западный Кавказ	$0,1 \pm 0,07$
Малый Кавказ	$0,2 \pm 0,1$
Ставропольская возвышенность, Кубанско-Приазовская низменность	$0,3 \pm 0,2$
Кура-Араксинская, Колхидская и Каспийская низменности	$0,2 \pm 0,4$

В пределах Памиро-Алая чётко выделяются два региона (рис. 5): собственно Памир, в пределах которого современные темпы денудации достаточно малы, за исключением его северной части, примыкающей к Гиссаро-Алайской горной системе и Гиссаро-Алайская система с Западно-Таджикской депрессией, в пределах которых темпы денудации изменяются в достаточно широких пределах, мозаично чередуясь в зависимости от сочетания различных природно-антропогенных факторов, их изменяющих (табл. 2).

Таблица 2.

Значение слоя годового смыва на территории Памиро-Алая

Регионы	Значение слоя годового смыва, мм/год
Южный Памир и Центральный Памир	$0,05 \pm 0,01$
Северный Памир, Западный Памир и восточная часть Гиссаро-Алайской системы	$0,5 \pm 0,4$
западная и центральная часть Гиссаро-Алайской системы	$0,1 \pm 0,07$
Западно-Таджикская депрессия	$0,1 \pm 0,3$

Таблица 3.

Значение слоя годового смыва на территории Тянь-Шаня

Регионы	Значение слоя годового смыва, мм/год
Северный Тянь-Шань и Джунгарский Алатау	$0,05 \pm 0,1$
Центральный Тянь-Шань и Западный Тянь-Шань, северная часть Гиссара-Алая	$0,4 \pm 0,5$
Ферганская долина	$0,1 \pm 0,3$

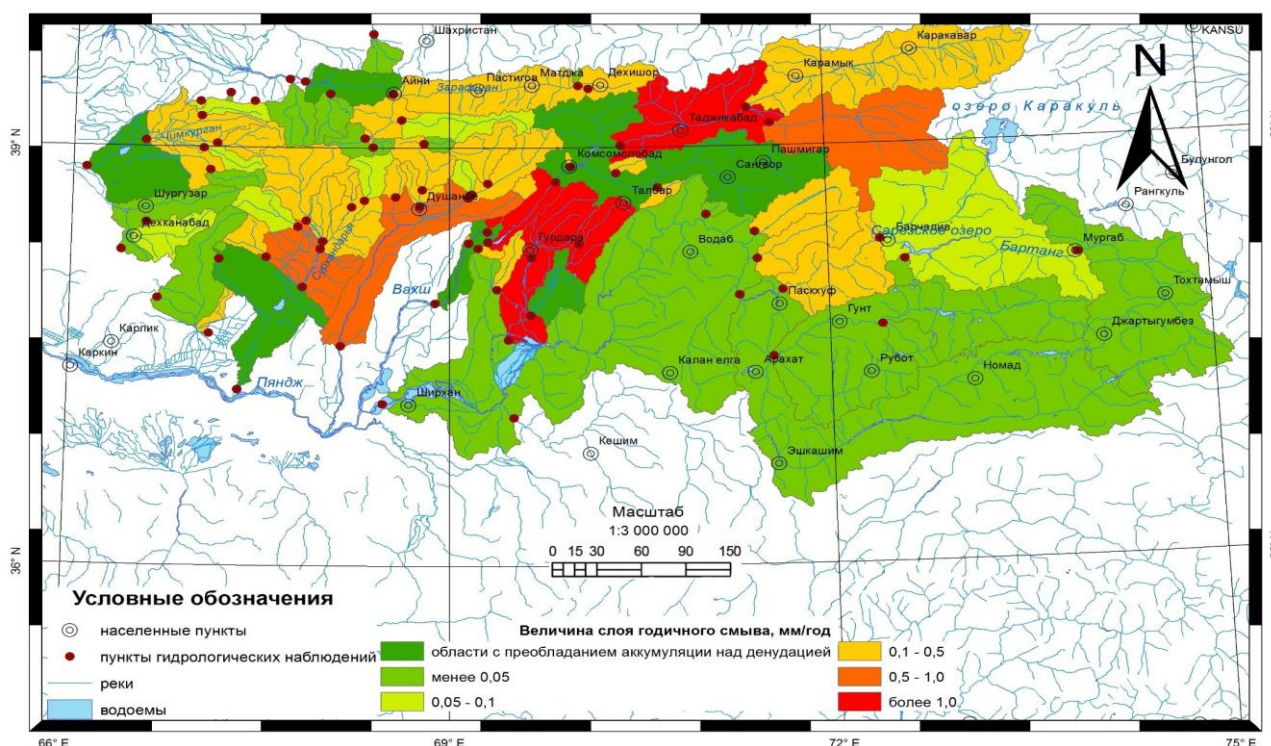


Рис. 5. Величина слоя годового смыва Памиро-Алая (по стоку взвешенных наносов).

В целом для Памира величина слоя годового смыва редко превышает 0,1 мм/год. Наибольшая величина слоя годового сноса в пределах Памира (0,2 мм/год) наблюдается в верховьях бассейнов рек Язгулем, Ванч и нижнего течения реки Бартанг, где благоприятно сочетаются такие условия для интенсивной денудации, как широкое распространение слабоустойчивых осадочных пород и положение речных бассейнов на границе двух тектонических зон, что способствуют интенсивному развитию обвально-оползневых процессов.

На всей территории Тянь-Шаня наблюдается наименьший снос, в сравнении с Кавказом и Памиро-Алаем (рис. 6). Причинами такого уменьшения денудации можно назвать распространение в рельефе поверхностей выравнивания и преобладание кристаллических пород, устойчивых к процессам выветривания.

По особенностям интенсивности денудации на территории Тянь-Шаня можно выделить три области: Северный Тянь-Шань и Джунгарский Алатау, Центральный Тянь-Шань и Западный Тянь-Шань, Ферганская долина (табл. 3).

В целом, для трёх горных стран можно сделать следующие обобщения. Из крупных территориальных единиц максимальные темпы денудационного среза отмечены на Восточном Кавказе, где благоприятные для усиления денудационных процессов природные условия сочетаются с высокой антропогенной нагрузкой, а именно значительным перевыпасом на альпийских пастбищах и интенсивной ирригационной эрозии в предгорно-низкогорном поясе, сложенном легкоразмываемыми лёссами. Ирригационная эрозия является наиболее интенсивным денудационным процессом во всех исследуемых регионах. И именно с её высокой интенсивностью связаны очаги максимального денудационного среза как на Кавказе, так и на Памиро-Алае и на Тянь-Шане.

Темпы разрушения гор за счёт природно-обусловленных экзогенных процессов в основном контролируются сочетанием различных по составу коренных пород и климатическими факторами, на которые накладывается влияние сейсмической активности, но

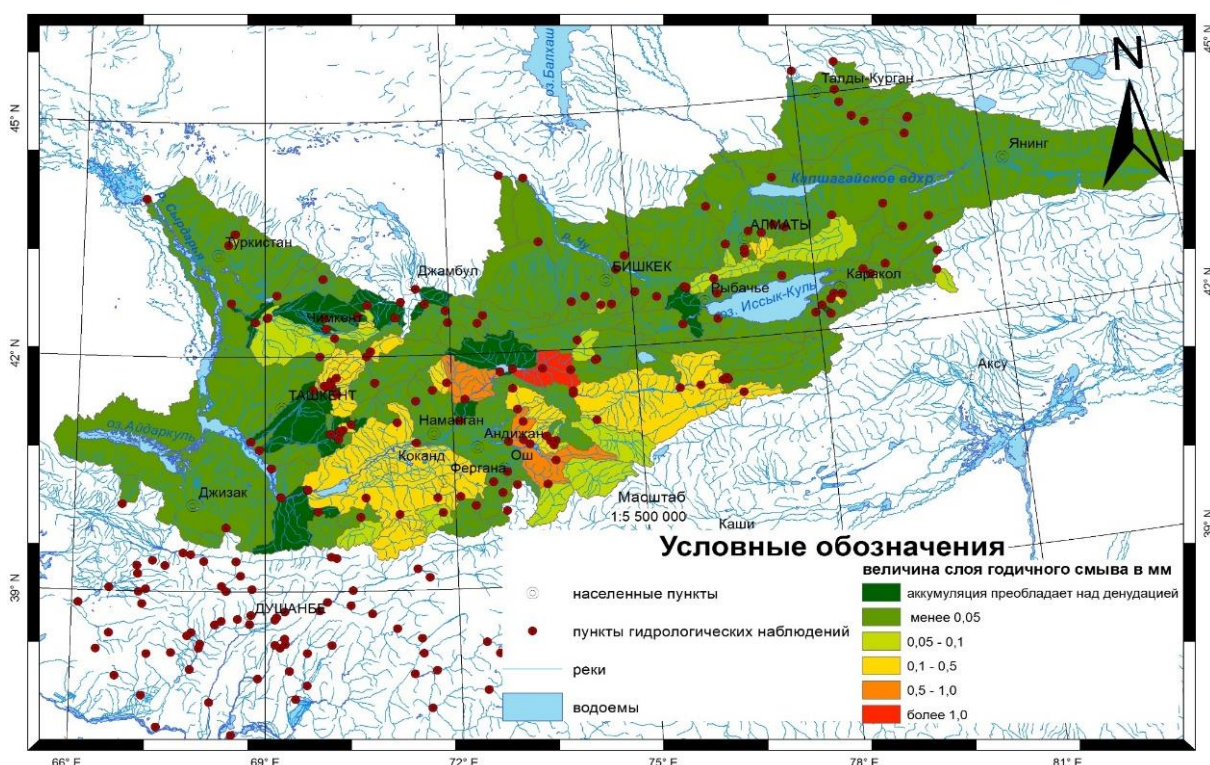


Рис. 6. Величина слоя годичного смыва Тянь-Шаня (по стоку взвешенных наносов).

она не рассматривается в данной работе, заслуживая отдельного исследования. В то же время установлено, что максимальный в мире вынос наносов реками на острове Тайвань обусловлен, прежде всего, его расположением в сейсмически активной зоне, стимулирующей массовое развитие оползней, развивающихся по бортам речных долин, и значительным (свыше 2000-

3000 мм) слоем осадков, способствующих формированию мощных паводков, способных переместить значительные объёмы наносов (Milliman, 2014).

Роль денудационных процессов в формировании стока наносов и эволюции склонов, как было сказано выше, недостаточно изучена. Представление об объемах материала, перемещаемого тем или иным агентом денудации, не дает полного ответа об их рельефообразующей деятельности, так как дальность переноса вещества этими процессами неодинакова. По этому признаку Н. И. Маккавеев делит их на агенты ближнего и дальнего переноса, а также можно добавить – на агенты промежуточного переноса. К первым относятся оползни, обвалы, оплывины, крип, делювиальный смыв и другие склоновые процессы, ко вторым - речная эрозия и к третьим, промежуточным, можно отнести временные водотоки, поставляющие сток непосредственно в реки.

На основании визуального дешифрирования космических снимков и использования современных компьютерных технологий в базовом масштабе 1:10 000 и 1: 50 000 было выполнено картографирование ведущих экзогенных рельефообразующих процессов на

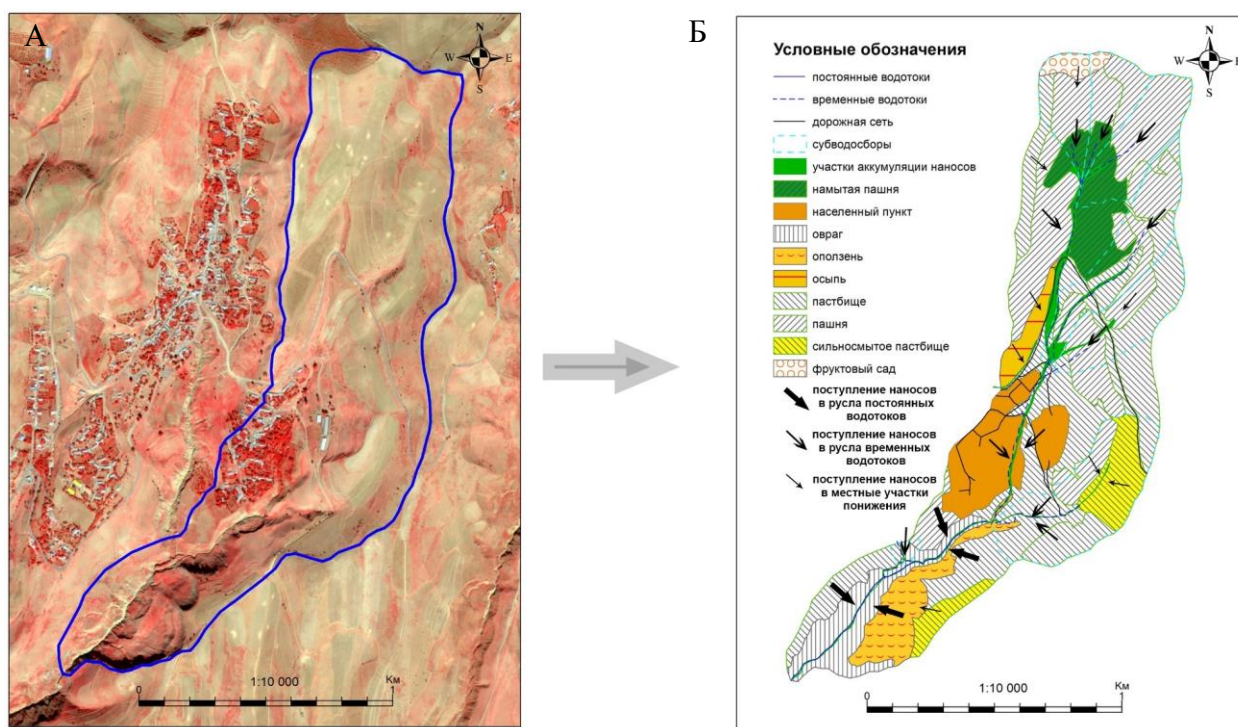


Рис. 7. Водосбор Киблай. А – космический снимок территории; Б – морфодинамическая карта водосбора

примере бассейнов рек Киблай (рис. 7), Куручай и Кунахайсу, расположенных на разных высотных поясах Памиро-Алая и Кавказа, и дана оценка перераспределения наносов внутри речных бассейнов. Для бассейна р. Киблай проведено детальное крупномасштабное полевое геоморфологическое картирование, которое в целом подтвердило достоверность выделения участков с доминированием различных экзогенных процессов, выполненное на основе

дешифрирования космических снимков. В тоже время определённые проблемы при выполнении дешифрирования экзогенных процессов возникают для залесённых склонов. В этих случаях, полевая проверка результатов дешифрирования является необходимым элементом исследования.

Глава 5. Особенности пространственной неравномерности современной денудации в горах Кавказа и Средней Азии и факторы, её определяющие

Наличие или отсутствие связей между темпами денудации и природно-антропогенными факторами, их определяющими, во многом зависит от степени детальности данных о пространственной изменчивости различных факторов. Полученные результаты позволяют говорить о том, что для Кавказского региона существует более достоверный набор данных, что позволило установить определённые зависимости между отдельными факторами и темпами денудации для каждого из высотных поясов (табл. 4). Для гор Средней Азии в пределах отдельных высотных поясов ограниченное число постов наблюдений за стоком наносов не позволило провести статистический анализ, поэтому результаты влияния факторов на данных высотах отсутствуют. Также, весьма вероятно, степень детальности информации о пространственной неравномерности отдельных факторов оказалась недостаточной для выявления связей между ними и темпами денудации. В данном исследовании сопоставлялись данные о стоке взвешенных наносов рек, полученные в основном во второй половине XX века, и поэтому для оценки влияния факторов также использовались данные этого периода времени.

Однако на качественном уровне путём сопоставления карт темпов денудации и факторных карт можно сделать ряд обобщений в целом для горных стран. Наибольшие темпы денудации в горных странах приходятся на участки, сложенные глинистыми сланцами, минимальные - на участки, сложенные песчано-глинистыми породами, расположенные на равнинных территориях. С увеличением высоты рельефа и крутизны склонов, количества атмосферных осадков, дней со снежным покровом и дней с внутрисуточными переходами температуры через ноль градусов наблюдается рост интенсивности развития денудационных процессов. Во всех горных странах более высокие значения слоя годичного смыва присущи бассейнам с преобладанием склонов южных и юго-западных экспозиций, кроме Памиро-Алая. Здесь несколько речных бассейнов с доминированием северо-западных склонов Северного Памира подвержены большей эрозии, что в общей картине горной страны способствуют увеличению денудации на этих склонах. В целом, при увеличении плотности населения рост значений слоя годичного смыва не наблюдается. Тем не менее, внутри отдельных высотных поясов обнаруживается достаточно чёткая зависимость темпов денудации и плотности населения. Это касается, прежде всего, предгорий и в ряде случаев низкогорий, где важный

вклад в суммарную денудацию вносит ирригационная эрозия. Такая картина наблюдается во всех горных странах, но особенно на Восточном Кавказе и Тянь-Шане, где наибольшие значения денудации приходятся на густозаселенные предгорные участки Дагестана и Азербайджана и Ферганской долины соответственно. При этом на Кавказе и Памиро-Алае наибольшие значения слоя годового смыва свойственны среднегорным участкам с плотностью населения от 25 до 50 чел/км². Как правило, это обусловлено распашкой более крутых склонов, а также сильной сбитостью пастбищ, расположенных на небольшом удалении от аулов и кишлаков, что стимулирует развитие эрозионных процессов вплоть до формирования участков бедлендов.

Таблица 4.

Влияние различных факторов на зональность денудации в горах (+ - слабое влияние, ++ - среднее влияние, +++ - сильное влияние)

	средняя высота	уклоны	колебание температуры	количество осадков	снеговой покров	плотность населения	залесенность	состав коренных пород	экспозиция
Кавказ									
Предгорье	+++	++	+++	+			+++		
Низкогорье						+++		+++	
Среднегорье		+++	+		+			+++	
Высокогорье	++	+++	++	++	+++	++	+++	+++	
Памиро-Алай									
Предгорье									
Низкогорье									
Среднегорье		+++	++	+++	+++	++			
Высокогорье				+++					
Тянь-Шань									
Предгорье									
Низкогорье	+	+			+			+++	
Среднегорье		+++							
Высокогорье									+++

В ряде случаев влияние даже учтённых факторов (высота рельефа или крутизна склонов) оказывается незначительным по той причине, что математико-статистический анализ не позволяет выявить пространственных различий какого-либо фактора в высотном поясе из-за недостаточной детальности входных данных. Наконец, при расчётах используется малый массив данных, что не позволяет в некоторых случаях отвергать нулевую гипотезу влияния какого-либо фактора. Более того, годичный слой смыва определён по стоку взвешенных

наносов, и значит вклад отдельных процессов денудации (например, смыва почвы) неизбежно завышен по отношению к другим денудационным процессам, для которых более характерно местное перемещение материала (например, крип, солифлюкция и т.п.). Также необходимо упомянуть масштаб полученных обобщений и выявленных закономерностей, которые сделаны на обширные территории горных стран и речные бассейны с усреднением данных по денудации и по факторам. Безусловно, в дальнейшем необходимы более детальные исследования, выполненные на уровне речных бассейнов и базирующиеся, в том числе, на мониторинге различных экзогенных процессов и количественной оценке коэффициентов доставки наносов со склонов в постоянные водотоки.

Заключение

В результате выполненного исследования можно сделать следующие основные выводы:

1. Разработаны принципы оценки темпов современной денудации в горах для различных масштабов исследования на основе использования комплексного подхода: в целом для горной страны, включая предгорные равнины, различных высотных поясов горных стран, и речных бассейнов, а также подходы к оценке долевого вклада различных экзогенных процессов в суммарную денудацию конкретного речного бассейна.

2. По мере усиления темпов современной денудации исследуемые горные страны ранжируются следующим образом: Кавказ > Памиро-Алай > Тянь-Шань. В пространственном отношении основная денудационная нагрузка в горах Кавказа и Средней Азии приходится на наиболее освоенную в хозяйственном плане территорию юго-восточного Кавказа, высокогорные с крутыми склонами участки восточной части Алайской системы и Северного Памира, предгорные равнины восточной части Ферганской долины и предгорья Центрального Тянь-Шаня.

3. Наибольшие темпы денудации в горных странах приходятся на участки, сложенные глинистыми сланцами, минимальные - на участки, сложенные песчано-глинистыми породами. Средневысотный горный пояс на Кавказе и высокогорный пояс в Тянь-Шане и Памиро-Алае подвержен большей денудации по сравнению с другими высотными поясами гор. Во всех горных странах высокие значения слоя годичного смыва приходятся на речные бассейны, где преобладают склоны южных и юго-западных экспозиций. Исключение имеет Памиро-Алай, где ряд речных бассейнов имеет преобладающие северо-западные ориентировки склонов. Именно по этой причине склоны Северного Памира подвержены большей эрозии и увеличению денудации на этих склонах. Наиболее плотнозаселенными территориями в горных странах являются предгорные равнины, поэтому при увеличении плотности населения рост значений слоя годичного смыва не наблюдается. Исключением является Тянь-Шань, где

наибольшие значения темпов денудации приходятся на густозаселенные предгорные равнины Ферганской долины. На Кавказе и Памиро-Алае наибольшая интенсивность денудационных процессов в районах с наличием антропогенной нагрузки наблюдается в пределах среднегорий с плотностью населения от 25 до 50 чел/км².

4. В пределах Кавказа во всех высотных поясах, кроме предгорных равнин, выявлена тесная связь между темпами денудации и составом коренных пород, тогда как влияние других факторов сильно варьирует на разных высотах: на предгорных равнинах значительна роль относительной высоты рельефа и залесенности и в меньшей степени - общее количество осадков и внутрисуточных колебаний температуры около 0°C; в низкогорьях – плотности населения; в среднегорьях – крутизны склонов и внутрисуточных колебаний температуры около 0°C, а в высокогорьях – количества осадков, крутизны склонов, снежного покрова и внутрисуточных колебаний температуры около 0°C.

5. Результаты дисперсионного и корреляционного анализов свидетельствуют, что на территории Памиро-Алая на всех высотных поясах наблюдается значительное влияние слоя атмосферных осадков и высоты рельефа. На равнинах и низкогорьях наблюдается существенное воздействие высоты рельефа, в среднегорьях – количества осадков и снежного покрова, кроме них оказывают влияние крутизна склонов, колебание температуры и влияние человека; в высокогорьях – количества осадков. Для Тянь-Шаня выявлена отчётливая тенденция к усилению денудационных процессов от предгорьев к высокогорьям. В пределах низкогорий на темпы денудационных процессов значительное влияние оказывает состав коренных пород и количество атмосферных осадков, среднегорий – уклоны склонов и влияния человека, а высокогорий – экспозиция склонов.

6. Долевой вклад различных экзогенных процессов в сток наносов рек для трёх ключевых бассейнов, расположенных в различных высотных поясах гор, выявлен на основе морфодинамической карты, составленной для каждого бассейна, и опубликованных данных о среднегодовых темпах различных экзогенных процессов. Установлено, что основной вклад в сток наносов рек низкогорного пояса вносят овражная эрозия и осыпные процессы; среднегорного – русловая эрозия и обвально-осыпные процессы; высокогорного - нивальные и гравитационные.

Публикации по теме диссертации в изданиях из списка ВАК:

- 1) Шарифуллин А.Г. Причинно-факторные связи развития современной денудации // Серия: Естественные науки. - Казань: Изд-во Казан.ун-та. Т. 156. № 2. 2014. - С. 135-146.
- 2) Мозжерин В.В., Шарифуллин А.Г. Оценка современного денудационного снижения гор по данным о стоке взвешенных наносов рек (на примере Тянь-Шаня, Памиро-Алая, Кавказа и Альп) // Геоморфология. – 2014. –№ 1.–С.15–23.

В прочих научных изданиях

3) Шарифуллин А.Г. Принципы составления карт стока наносов рек горных стран. Геоморфология и картография: Материалы 33 пленума геоморфологической комиссии РАН, Саратов. Изд-во Саратовского университета. 2013, С. 473-476.

4) Шарифуллин А. Г. Пространственные закономерности изменения величины слоя годичной денудации Кавказа - 28 пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов, г. Пермь: доклады и краткие сообщения/Перм. гос. нац. исслед. ун-т.-Пермь, 2013, С. 180-182.

5) Шарифуллин А. Г. Экзогенные процессы в горах: возможности количественной оценки пространственного распространения и долевого вклада в сток наносов рек. Материалы 51-й международной научной студенческой конференции «Студент и научно-технический прогресс» секция "Геология", г. Новосибирск: Новосибирский ун-т. - Новосибирск, 2013. С. 25-26.

6) Шарифуллин А.Г. Влияние различных факторов на развитие современной денудации (на примере Памиро-Алая) // Эрозионные и русловые процессы и современные методы их исследования: материалы X семинара молодых ученых вузов, объединяемых советом по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов / редкол.: Р.С.Чалов и др.– Белгород: «ЛитКараВан», 2014. С. 216-221.

7) Шарифуллин А.Г. Методы изучения современных экзогенных процессов на территории Памира // Региональные исследования природно-территориальных комплексов: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения профессора Ступишина. / редкол.: В.В. Сироткин, Р.Р. Денмухамметов – Казань: «ИД МеДДоК», 2012. С. 69-71.

8) Шарифуллин А.Г. Методические подходы к оценке вклада различных экзогенных процессов в денудацию горных странах // Эрозионные и русловые процессы и современные методы их исследования: материалы IX семинара молодых ученых вузов, объединяемых

советом по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов / редкол.: Р.С.Чалов и др.– М: «Планета», 2012. С. 216-221.

9) Шарифуллин А.Г. Признаки дешифрирования экзогенных процессов // Проблемы прикладной и региональной географии (г. Ижевск, 8-12 октября 2012 г.): материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием / редкол.: И.И. Рысин и др.– Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2012. С. 201-205.

10) Шарифуллин А.Г. Влияние факторов на денудацию в горах (на примере Кавказа) // Окружающая среда и устойчивое развитие регионов. Том II: Динамика и взаимодействие природных и социально-экономических географических систем. Туристская индустрия: мировые тенденции и региональные приоритеты. Актуальные проблемы экологического и географического образования/ под ред. проф. Переведенцева Ю.П., проф. Сироткина В.В., проф. Рубцова В.А., проф. Гайсина И.Т.– Казань: Изд-во «Отечество», 2013. С. 247-249.